

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

Томск
Издательский Дом ТГУ
2019

DOI: 10.17223/9785946218412/250

МОРФОЛОГИЯ УЛЬТРАВЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-(3-ГИДРОКСИБУТИРАТА) МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

^{1,2,3}Ольхов А.А., ^{1,3}Тюбаева П.М., ¹Филатова А.Г., ¹Зернова Ю.Н.,

¹Жулькина А.Л., ¹Кучеренко Е.Л., ¹Иорданский А.Л.

¹*Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва,*

²*Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва*

³*ФИЦ химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва,*

Одним из экономически целесообразных и технологичных методов формирования наноразмерных и ультратонких полимерных волокон является метод электроформования (ЭФ). Формование полимерных нановолокон в условиях электродинамических взаимодействий и вязкоэластичных деформаций позволяет варьировать их разнообразные структурно-морфологические характеристики, создавать высокую удельную поверхность, регулировать механические свойства и пористость, а также использовать широкий диапазон диффузионных параметров.

В работе использовали поли-(3-гидроксибутират) (ПГБ) с молекулярной массой 460 кДа фирмы BIOMER (Германия), тетрабутиламмоний йодид $\{[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{N}]\}$ (ТБАИ), муравьиная кислота (МК) (для регулирования вязкости и электропроводности). ЭФ нетканых волокнистых материалов на основе ПГБ осуществляли на лабораторной установке ЭФВ-1 (Россия) при динамической вязкости раствора 0,9 Па*с, удельной объемной электропроводности $\sim 10^{-3}$ (Ом*м)⁻¹, объемном расходе формовочного раствора 10-12·10⁻⁵ г/сек, напряжении электрического поля 15 кВ, расстоянии между электродами 18 см, диаметре капилляра 0,1 мм. Морфологию изучали методами оптической и электронной микроскопии (оптический микроскоп МБИ-6 и Hitachi TM-3000). Теплофизические характеристики получены с помощью дифференциально сканирующего калориметра Perkin Elmer Pyris 6 DSC.

Одними из ключевых характеристик процесса являются электропроводность и вязкость формовочного раствора. Установлено, что низкая электропроводность раствора ПГБ препятствует образованию однородных по толщине волокон. При низких значениях вязкости, в области концентраций ниже 4 мас. %, в процессе ЭФ образовывалась смесь волокон и сферических частиц, тогда как повышение вязкости, соответствующей концентрации 10 мас. % приводило к прекращению процесса ЭФ. Линейный характер обратной величины зависимости вязкости от времени показывает, что кинетика гидролитической деструкции ПГБ в присутствии МК подчиняется уравнению 1-го порядка, что достаточно часто наблюдается при кислотном катализе расщепления сложноэфирных связей, принадлежащих природным и синтетическим полиэфирам в квазигомогенной среде. Характеристики полимерного раствора в значительной степени определяют геометрию и морфологию ультратонких волокон ПГБ, полученных методом ЭФ.

Нами было проведено исследование кинетики роста мезенхимальных стволовых клеток (клетки МСК) в зависимости от плотности упаковки нетканого материала (рис. 1). Открепление клеток от исследуемых имплантатов и их подсчет с помощью камеры Горяева позволяет говорить о значительном увеличении регенерационного потенциала модельного имплантата, модифицированного слоем ультратонких волокон ПГБ.

В работе мы разработали конструкцию искусственного биорезорбируемого имплантата для восстановительной хирургии соединительной ткани на основе нетканого волокнистого материала. Имплантат представляет собой каркас из нескольких несущих моноволокон с покрытием биорезорбируемым волокнистым материалом на основе ПГБ.

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

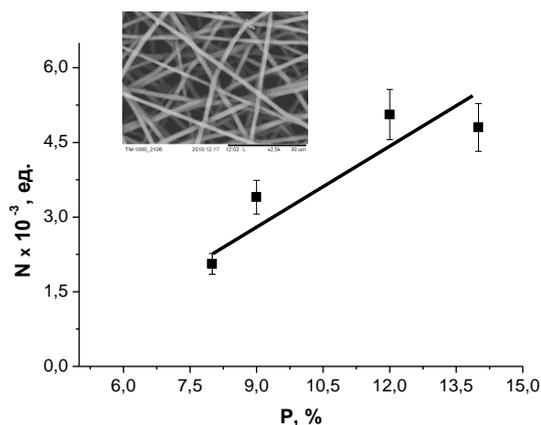


Рис. 1. Зависимость усредненного за 8 суток количества клеток (N) от плотности упаковки волокон (P) в полученных матриксах. На вставке изображение нетканого материала, полученное СЭМ.

Конструкция искусственного имплантата позволяет многократно увеличить удельную поверхность, что приводит к существенному повышению сорбции сигнальных молекул регенерации, усилению миграции клеток по всему объему имплантата и обеспечивает значительное повышение регенерации соединительной ткани. Изучаемые волокнистые материалы ПГБ могут содержать лекарственные вещества. Кинетику высвобождения дипиридамола (ДПД) из волокон ПГБ определяли по методике [1]. Структурно-кристаллические характеристики волокнистых материалов и кинетические профили высвобождения ДПД (рис. 2) позволяют считать, что лимитирующей стадией общего процесса высвобождения является первая стадия – диффузия в волокне.

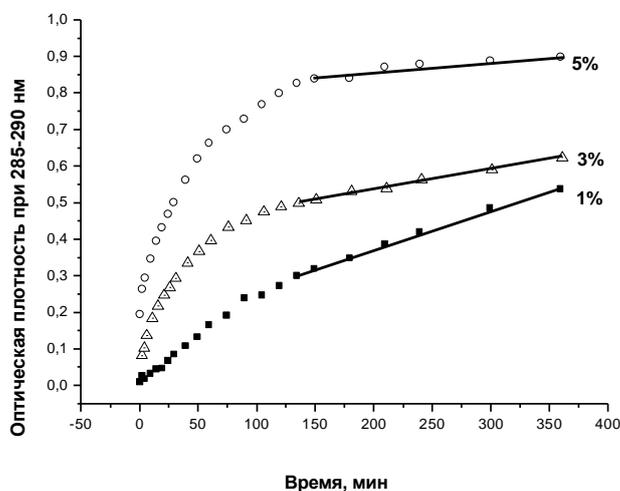


Рис. 2. Кинетические профили контролируемого высвобождения ДПД из ультратонких волокон ПГБ в зависимости от концентрации ДПД.

Работа выполнена при финансовой поддержке РЭУ им. Г.В. Плеханова. Диффузионные эксперименты проведены ФИЦ ХФ РАН в рамках темы АААА-А17-117040610309-0.

1. Иорданский А.Л., Ольхов А.А., Карпова С. Г., Кучеренко Е.Л., Косенко Р.Ю., Роговина С.З., Чалых А.Е., Берлин А.А. Влияние структуры и морфологии ультратонких волокон поли-3-гидроксibuтирата на диффузионную кинетику и транспорт лекарственных веществ // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2017. Том 59. № 3. С. 273–284.